

DIALOG(R)File 345:Inpadoc/Fam.& Legal Stat

(c) 2004 EPO. All rts. reserv.

17238896

Basic Patent (No,Kind,Date): JP 2001217443 A2 20010810 <No. of Patents: 001>

SEMICONDUCTOR DEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD, SOLAR CELL  
AND ITS MANUFACTURING METHOD, AND OPTICAL DEVICE PROVIDED WITH  
SEMICONDUCTOR DEVICE (English)

Patent Assignee: SONY CORP

Author (Inventor): YAMAUCHI KAZUSHI

IPC: \*H01L-031/04; H01L-021/02; H01L-027/146; H01S-005/18

Derwent WPI Acc No: C 02-092344

Language of Document: Japanese

Patent Family:

Patent No	Kind	Date	Applic No	Kind	Date	
<b>JP 2001217443</b>	A2	20010810	JP 200032818	A	20000204	(BASIC)

Priority Data (No,Kind,Date):

JP 200032818 A 20000204

DIALOG(R)File 347:JAPIO

(c) 2004 JPO & JAPIO. All rts. reserv.

06989867      \*\*Image available\*\*

SEMICONDUCTOR DEVICE AND ITS MANUFACTURING METHOD, SOLAR  
CELL AND ITS

MANUFACTURING METHOD, AND OPTICAL DEVICE PROVIDED WITH  
SEMICONDUCTOR DEVICE

PUB. NO.:      **2001-217443** [JP 2001217443 A]

PUBLISHED:      August 10, 2001 (20010810)

INVENTOR(s): YAMAUCHI KAZUSHI

APPLICANT(s): SONY CORP

APPL. NO.:      2000-032818 [JP 200032818]

FILED:              February 04, 2000 (20000204)

INTL CLASS:      H01L-031/04; H01L-021/02; H01L-027/146; H01S-005/18

#### ABSTRACT

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor device which can be handled without any trouble in a wide range of from a low to a high temperature and manufactured at a low cost and its manufacturing method in which semiconductor thin films are separated from a semiconductor substrate and transferred onto a board.

SOLUTION: Semiconductor thin films 3, 4, and 5 are formed on an invar alloy substrate 14 through the intermediary of an adhesive layer 15 for the formation of a semiconductor device.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-217443

(P 2 0 0 1 - 2 1 7 4 4 3 A)

(43) 公開日 平成13年8月10日(2001.8.10)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H01L 31/04		H01L 21/02	B 4M118
21/02		H01S 5/18	5F051
27/146		H01L 31/04	X 5F073
H01S 5/18		27/14	C
		31/04	H
審査請求 未請求 請求項の数94 O L (全22頁)			

(21) 出願番号 特願2000-32818(P 2000-32818)

(22) 出願日 平成12年2月4日(2000.2.4)

(71) 出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72) 発明者 山内 一志

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74) 代理人 100078031

弁理士 大石 皓一 (外1名)

Fターム(参考) 4M118 AA10 AB01 BA10 CB06 EA01

EA05 GD20 HA24 HA27

5F051 AA03 CB12 CB30 DA03 GA02

GA20 HA07

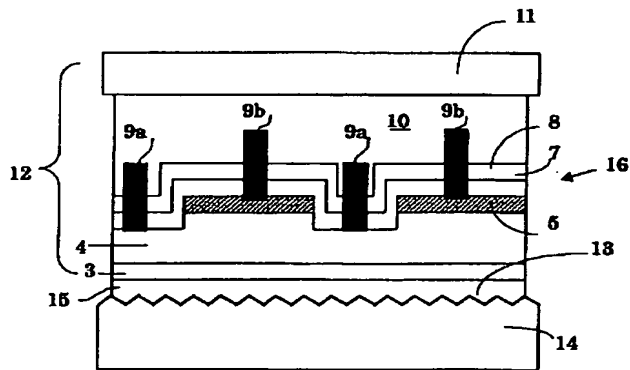
5F073 AB16 CA24 EA29 FA15 FA22

(54) 【発明の名称】 半導体素子およびその製造方法、太陽電池およびその製造方法ならびに半導体素子を用いた光学素子

(57) 【要約】

【課題】 半導体薄膜が、半導体基板から剥離され、基板に転写されて製造され、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障がなく、低コストで製造することのできる半導体素子およびその製造方法を提供する。

【解決手段】 半導体薄膜3、4、5が、接着層15を介して、インバー型合金基板14に形成された半導体素子。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 少なくとも 1 つの半導体薄膜が、接着層を介して、インバー型合金基板に形成されたことを特徴とする半導体素子。

【請求項 2】 前記インバー型合金基板の厚さが 2 mm 以下であることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体素子。

【請求項 3】 前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金、鉄-白金合金、鉄-パラジウム合金、鉄-コバルト-クロム合金、鉄-ニッケル-クロム合金、鉄-ニッケル-マンガン合金、鉄-コバルト-クロム合金、反強磁性のクロム-鉄-マンガン合金およびアモルファス合金よりなる群から選ばれる熱線膨張係数が  $1 \times 10^{-5}$  /℃ 以下の材料によって形成されたことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体素子。

【請求項 4】 前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金によって形成されたことを特徴とする請求項 3 に記載の半導体素子。

【請求項 5】 前記接着層が、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料によって形成されたことを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の半導体素子。

【請求項 6】 前記インバー型合金基板の前記半導体薄膜側の表面が、テクスチャー構造を有していることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 項に記載の半導体素子。

【請求項 7】 さらに、前記少なくとも 1 つの半導体薄膜の前記インバー型合金基板の反対側に、透明な保護板が設けられたことを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 項に記載の半導体素子。

【請求項 8】 前記透明な保護板がプラスチックによって形成されたことを特徴とする請求項 7 に記載の半導体素子。

【請求項 9】 前記少なくとも 1 つの半導体薄膜がシリコンによって形成されたことを特徴とする請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載の半導体素子。

【請求項 10】 基板上に、多孔質層を形成し、前記多孔質層上に、少なくとも 1 つの半導体薄膜を形成し、前記少なくとも 1 つの半導体薄膜にインバー型合金基板を接着した後、前記多孔質層の部分で、前記基板を剥離することを特徴とする半導体素子の製造方法。

【請求項 11】 さらに、前記少なくとも 1 つの半導体薄膜の前記基板が剥離された面に、透明な保護板を接着することを特徴とする請求項 10 に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項 12】 基板上に、多孔質層を形成し、前記多孔質層上に、少なくとも 1 つの半導体薄膜を形成し、前記少なくとも 1 つの半導体薄膜に透明な保護板を接着した後、前記多孔質層の部分で、前記基板を剥離し、前記

少なくとも 1 つの半導体薄膜の前記基板が剥離された面に、インバー型合金基板を接着することを特徴とする半導体素子の製造方法。

【請求項 13】 周面にテクスチャー構造を有する圧延ローラと、周面が平滑な圧延ローラによって、インバー型合金板を圧延して、前記インバー型合金基板を製造することを特徴とする請求項 10 ないし 12 のいずれか 1 項に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項 14】 前記インバー型合金基板の厚さが 2 mm 以下であることを特徴とする請求項 10 ないし 13 のいずれか 1 項に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項 15】 前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金、鉄-白金合金、鉄-パラジウム合金、鉄-コバルト-クロム合金、鉄-ニッケル-クロム合金、鉄-ニッケル-マンガン合金、鉄-コバルト-クロム合金、反強磁性のクロム-鉄-マンガン合金およびアモルファス合金よりなる群から選ばれる熱線膨張係数が  $1 \times 10^{-5}$  /℃ 以下の材料によって形成されたことを特徴とする請求項 10 ないし 14 のいずれか 1 項に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項 16】 前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金によって形成されたことを特徴とする請求項 15 に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項 17】 前記インバー型合金基板を、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料によって、前記少なくとも 1 つの半導体薄膜に接着することを特徴とする請求項 10 ないし 16 のいずれか 1 項に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項 18】 前記透明な保護板がプラスチックによって形成されたことを特徴とする請求項 11 ないし 17 のいずれか 1 項に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項 19】 前記少なくとも 1 つの半導体薄膜がシリコンによって形成されたことを特徴とする請求項 10 ないし 18 のいずれか 1 項に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項 20】 前記多孔質層が多孔質シリコン層であることを特徴とする請求項 10 ないし 19 のいずれか 1 項に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項 21】 前記基板がシリコンによって形成されたことを特徴とする請求項 10 ないし 20 のいずれか 1 項に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項 22】 接着層を介して、インバー型合金基板に形成された少なくとも 1 つの半導体薄膜と、前記半導体薄膜上に、パターニングされた電極を備えたことを特徴とする太陽電池。

【請求項 23】 さらに、前記少なくとも 1 つの半導体薄膜の前記インバー型合金基板の反対側に、透明な保護板が設けられたことを特徴とする請求項 22 に記載の太陽電池。

【請求項 24】 前記インバー型合金基板の厚さが 2 mm 以下であることを特徴とする請求項 22 または 23 に記載の太陽電池。

【請求項 25】 前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金、鉄-白金合金、鉄-パラジウム合金、鉄-コバルト-クロム合金、鉄-ニッケル-クロム合金、鉄-ニッケル-マンガン合金、鉄-コバルト-クロム合金、反強磁性のクロム-鉄-マンガン合金およびアモルファス合金よりなる群から選ばれる熱線膨張係数が  $1 \times 10^{-5}$  /℃ 以下の材料によって形成されたことを特徴とする請求項 22 ないし 24 のいずれか 1 項に記載の太陽電池。

【請求項 26】 前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金によって形成されたことを特徴とする請求項 25 に記載の太陽電池。

【請求項 27】 前記接着層が、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料によって形成されたことを特徴とする請求項 22 ないし 26 のいずれか 1 項に記載の太陽電池。

【請求項 28】 前記インバー型合金基板の前記半導体薄膜側の表面が、テクスチャー構造を有していることを特徴とする請求項 22 ないし 27 のいずれか 1 項に記載の太陽電池。

【請求項 29】 前記透明な保護板がプラスチックによって形成されたことを特徴とする請求項 23 ないし 28 のいずれか 1 項に記載の太陽電池。

【請求項 30】 前記少なくとも 1 つの半導体薄膜がシリコンによって形成されたことを特徴とする請求項 22 ないし 29 のいずれか 1 項に記載の太陽電池。

【請求項 31】 前記基板がシリコンによって形成されたことを特徴とする請求項 22 ないし 30 のいずれか 1 項に記載の太陽電池。

【請求項 32】 基板上に、多孔質層を形成し、前記多孔質層上に、少なくとも 1 つの半導体薄膜を形成し、前記少なくとも 1 つの半導体薄膜上に、電極をパターンニングし、さらに、インバー型合金基板を接着した後、前記多孔質層の部分で、前記基板を剥離することを特徴とする太陽電池の製造方法。

【請求項 33】 さらに、前記少なくとも 1 つの半導体薄膜の前記基板が剥離された面に、透明な保護板を接着することを特徴とする請求項 32 に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 34】 基板上に、多孔質層を形成し、前記多孔質層上に、少なくとも 1 つの半導体薄膜を形成し、前記少なくとも 1 つの半導体薄膜上に、電極をパターンニングし、さらに、透明な保護板を接着した後、前記多孔質層の部分で、前記基板を剥離し、前記少なくとも 1 つの半導体薄膜の前記基板が剥離された面に、インバー型合金基板を接着することを特徴とする太陽電池の製造方

法。

【請求項 35】 周面にテクスチャー構造を有する圧延ローラと、周面が平滑な圧延ローラによって、インバー型合金基板を圧延して、前記インバー型合金基板を製造することを特徴とする請求項 32 ないし 34 のいずれか 1 項に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 36】 前記インバー型合金基板の厚さが 2 mm 以下であることを特徴とする請求項 32 ないし 35 のいずれか 1 項に記載の太陽電池の製造方法。

10 【請求項 37】 前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金、鉄-白金合金、鉄-パラジウム合金、鉄-コバルト-クロム合金、鉄-ニッケル-クロム合金、鉄-ニッケル-マンガン合金、鉄-コバルト-クロム合金、反強磁性のクロム-鉄-マンガン合金およびアモルファス合金よりなる群から選ばれる熱線膨張係数が  $1 \times 10^{-5}$  /℃ 以下の材料によって形成されたことを特徴とする請求項 32 ないし 36 のいずれか 1 項に記載の太陽電池の製造方法。

20 【請求項 38】 前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金によって形成されたことを特徴とする請求項 37 に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 39】 前記インバー型合金基板を、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料を用いて、接着することを特徴とする請求項 32 ないし 38 のいずれか 1 項に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 40】 前記透明な保護板が、プラスチックによって形成されたことを特徴とする請求項 32 ないし 39 のいずれか 1 項に記載の太陽電池の製造方法。

30 【請求項 41】 前記少なくとも 1 つの半導体薄膜がシリコンによって形成されたことを特徴とする請求項 32 ないし 40 のいずれか 1 項に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 42】 前記多孔質層が多孔質シリコン層であることを特徴とする請求項 32 ないし 41 のいずれか 1 項に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項 43】 前記基板がシリコンによって形成されたことを特徴とする請求項 32 ないし 42 のいずれか 1 項に記載の太陽電池の製造方法。

40 【請求項 44】 凹球面状のインバー型合金基板に、接着層を介して、半導体薄膜を形成し、CCD の受光面を構成したことを特徴とする CCD 撮像素子。

【請求項 45】 前記インバー型合金基板の厚さが 2 mm 以下であることを特徴とする請求項 44 に記載の CCD 撮像素子。

50 【請求項 46】 前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金、鉄-白金合金、鉄-パラジウム合金、鉄-コバルト-クロム合金、鉄-ニッケル-クロム合金、鉄-ニッケル-マンガン合金、鉄-コバルト-クロム合金、反強磁性のクロム-鉄-マンガン合金およびアモルファ

ス合金よりなる群から選ばれる熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5}$  /℃以下の材料によって形成されたことを特徴とする請求項44または45に記載のCCD撮像素子。

【請求項47】 前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金によって形成されたことを特徴とする請求項46に記載のCCD撮像素子。

【請求項48】 前記接着層が、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料によって形成されたことを特徴とする請求項44ないし47のいずれか1項に記載のCCD撮像素子。

【請求項49】 前記少なくとも1つの半導体薄膜がシリコンによって形成されたことを特徴とする請求項44ないし48のいずれか1項に記載のCCD撮像素子。

【請求項50】 前記基板がシリコンによって形成されたことを特徴とする請求項44ないし49のいずれか1項に記載のCCD撮像素子。

【請求項51】 凹球面状のインバー型合金基板に、接着層を介して、半導体薄膜を形成し、面発光レーザの発光面を構成したことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項52】 凸球面状のインバー型合金基板に、接着層を介して、半導体薄膜を形成し、面発光レーザの発光面を構成したことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項53】 半円筒面状のインバー型合金基板の内面に、接着層を介して、半導体薄膜を形成し、面発光レーザの発光面を構成したことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項54】 前記インバー型合金基板の厚さが2mm以下であることを特徴とする請求項51ないし53のいずれか1項に記載の面発光レーザ。

【請求項55】 前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金、鉄-白金合金、鉄-パラジウム合金、鉄-コバルト-クロム合金、鉄-ニッケル-クロム合金、鉄-ニッケル-マンガン合金、鉄-コバルト-クロム合金、反強磁性のクロム-鉄-マンガン合金およびアモルファス合金よりなる群から選ばれる熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5}$ 以下の材料によって形成されたことを特徴とする請求項51ないし54のいずれか1項に記載の面発光レーザ。

【請求項56】 前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金によって形成されたことを特徴とする請求項55に記載の面発光レーザ。

【請求項57】 前記接着層が、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料によって形成されたことを特徴とする請求項51ないし56のいずれか1項に記載の面発光レーザ。

【請求項58】 前記少なくとも1つの半導体薄膜がシリコンによって形成されたことを特徴とする請求項51ないし57のいずれか1項に記載の面発光レーザ。

【請求項59】 前記基板がシリコンによって形成されたことを特徴とする請求項51ないし58のいずれか1項に記載の面発光レーザ。

【請求項60】 少なくとも1つの半導体薄膜が、接着層を介して、コバル合金基板に形成されたことを特徴とする半導体素子。

【請求項61】 前記コバル合金基板が、鉄、コバルトおよびニッケルを主成分とし、鉄の含有量が30ないし70atom%、コバルトおよびニッケルの含有量の和が30ないし60atom%、その他の元素の含有量が10%atom以下で、熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5}$  /℃以下のコバル合金によって形成されたことを特徴とする請求項60に記載の半導体素子。

【請求項62】 前記接着層が、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料によって形成されたことを特徴とする請求項60または61に記載の半導体素子。

【請求項63】 前記コバル合金基板の前記半導体薄膜側の表面が、テクスチャー構造を有していることを特徴とする請求項60ないし62のいずれか1項に記載の半導体素子。

【請求項64】 さらに、前記少なくとも1つの半導体薄膜の前記コバル合金基板の反対側に、透明な保護板が設けられたことを特徴とする請求項60ないし63のいずれか1項に記載の半導体素子。

【請求項65】 前記透明な保護板がプラスチックによって形成されたことを特徴とする請求項64に記載の半導体素子。

【請求項66】 前記少なくとも1つの半導体薄膜がシリコンによって形成されたことを特徴とする請求項60ないし65のいずれか1項に記載の半導体素子。

【請求項67】 基板上に、多孔質層を形成し、前記多孔質層上に、少なくとも1つの半導体薄膜を形成し、前記少なくとも1つの半導体薄膜にコバル合金基板を接着した後、前記多孔質層の部分で、前記基板を剥離することを特徴とする半導体素子の製造方法。

【請求項68】 さらに、前記少なくとも1つの半導体薄膜の前記基板が剥離された面に、透明な保護板を接着することを特徴とする請求項67に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項69】 基板上に、多孔質層を形成し、前記多孔質層上に、少なくとも1つの半導体薄膜を形成し、前記少なくとも1つの半導体薄膜に透明な保護板を接着した後、前記多孔質層の部分で、前記基板を剥離し、前記少なくとも1つの半導体薄膜の前記基板が剥離された面に、コバル合金基板を接着することを特徴とする半導体素子の製造方法。

【請求項70】 周面にテクスチャー構造を有する圧延ローラと、周面が平滑な圧延ローラによって、コバル

合金板を圧延して、前記コバル合金基板を製造することを特徴とする請求項67ないし69のいずれか1項に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項71】 前記コバル合金基板が、鉄、コバルトおよびニッケルを主成分とし、鉄の含有量が30ないし70atom%、コバルトおよびニッケルの含有量の和が30ないし60atom%、その他の元素の含有量が10%atom以下で、熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5}$  /℃以下のコバル合金によって形成されたことを特徴とする請求項67ないし70のいずれか1項に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項72】 前記コバル合金基板を、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料によって、前記少なくとも1つの半導体薄膜に接着することを特徴とする請求項67ないし71のいずれか1項に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項73】 前記透明な保護板がプラスチックによって形成されたことを特徴とする請求項68ないし72のいずれか1項に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項74】 前記少なくとも1つの半導体薄膜がシリコンによって形成されたことを特徴とする請求項67ないし73のいずれか1項に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項75】 前記多孔質層が多孔質シリコン層であることを特徴とする請求項67ないし74のいずれか1項に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項76】 前記基板がシリコンによって形成されたことを特徴とする請求項67ないし75のいずれか1項に記載の半導体素子の製造方法。

【請求項77】 接着層を介して、コバル合金基板に形成された少なくとも1つの半導体薄膜と、前記半導体薄膜上に、パターンニングされた電極を備えたことを特徴とする太陽電池。

【請求項78】 さらに、前記少なくとも1つの半導体薄膜の前記コバル合金基板の反対側に、透明な保護板が設けられたことを特徴とする請求項77に記載の太陽電池。

【請求項79】 前記コバル合金基板が、鉄、コバルトおよびニッケルを主成分とし、鉄の含有量が30ないし70atom%、コバルトおよびニッケルの含有量の和が30ないし60atom%、その他の元素の含有量が10%atom以下で、熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5}$  /℃以下のコバル合金によって形成されたことを特徴とする請求項77または78に記載の太陽電池。

【請求項80】 前記接着層が、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料によって形成されたことを特徴とする請求項77ないし79のいずれか1項に記載の太陽電池。

【請求項81】 前記コバル合金基板の前記半導体薄膜側の表面が、テクスチャー構造を有していることを特徴とする請求項77ないし80のいずれか1項に記載の太陽電池。

【請求項82】 前記透明な保護板がプラスチックによって形成されたことを特徴とする請求項78ないし81のいずれか1項に記載の太陽電池。

【請求項83】 前記少なくとも1つの半導体薄膜がシリコンによって形成されたことを特徴とする請求項77ないし82のいずれか1項に記載の太陽電池。

【請求項84】 前記基板がシリコンによって形成されたことを特徴とする請求項77ないし83のいずれか1項に記載の太陽電池。

【請求項85】 基板上に、多孔質層を形成し、前記多孔質層上に、少なくとも1つの半導体薄膜を形成し、前記少なくとも1つの半導体薄膜上に、電極をパターンニングし、さらに、コバル合金基板を接着した後、前記多孔質層の部分で、前記基板を剥離することを特徴とする太陽電池の製造方法。

【請求項86】 さらに、前記少なくとも1つの半導体薄膜の前記基板が剥離された面に、透明な保護板を接着することを特徴とする請求項85に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項87】 基板上に、多孔質層を形成し、前記多孔質層上に、少なくとも1つの半導体薄膜を形成し、前記少なくとも1つの半導体薄膜上に、電極をパターンニングし、さらに、透明な保護板を接着した後、前記多孔質層の部分で、前記基板を剥離し、前記少なくとも1つの半導体薄膜の前記基板が剥離された面に、コバル合金基板を接着することを特徴とする太陽電池の製造方法。

【請求項88】 周面にテクスチャー構造を有する圧延ローラと、周面が平滑な圧延ローラによって、インバー型合金板を圧延して、前記インバー型合金基板を製造することを特徴とする請求項85ないし87のいずれか1項に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項89】 前記コバル合金基板が、鉄、コバルトおよびニッケルを主成分とし、鉄の含有量が30ないし70atom%、コバルトおよびニッケルの含有量の和が30ないし60atom%、その他の元素の含有量が10%atom以下で、熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5}$  /℃以下のコバル合金によって形成されたことを特徴とする請求項85ないし88のいずれか1項に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項90】 前記コバル合金基板を、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料を用いて、接着することを特徴とする請求項85ないし89のいずれか1項に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項91】 前記透明な保護板が、プラスチックによって形成されたことを特徴とする請求項86ないし9

0のいずれか1項に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項92】 前記少なくとも1つの半導体薄膜がシリコンによって形成されたことを特徴とする請求項85ないし91のいずれか1項に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項93】 前記多孔質層が多孔質シリコン層であることを特徴とする請求項85ないし92のいずれか1項に記載の太陽電池の製造方法。

【請求項94】 前記基板がシリコンによって形成されたことを特徴とする請求項85ないし93のいずれか1項に記載の太陽電池の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体素子およびその製造方法に関するものであり、さらに詳細には、半導体薄膜が、半導体基板から剥離され、基板に転写されて製造され、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障がなく、低コストで製造することのできる半導体素子およびその製造方法に関し、とくに、太陽電池素子が、半導体基板から剥離され、基板に転写されて製造され、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障がなく、低コストで製造することのできる太陽電池およびその製造方法に関するものである。

【0002】本発明はまた、半導体薄膜が、半導体基板から剥離され、基板に転写されて製造され、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障がなく、低コストで製造することのできる半導体素子を用いた光学素子に関するものである。

【0003】

【従来の技術】シリコン基板の再利用を可能とし、あるいは、新たな機能を付加するため、シリコン基板の表面に形成した多孔質シリコン層上に、シリコン太陽電池素子を形成し、形成したシリコン太陽電池素子を、多孔質シリコン層の部分で、シリコン基板から剥離して、基板上に転写し、シリコン太陽電池を製造する方法が知られている（たとえば、特開平8-213645号公報など）。

【0004】この場合、従来は、シリコン太陽電池素子にプラスチックフィルム基板を接着し、シリコン基板から剥離するのが一般であった。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、プラスチックフィルム基板に接着して、シリコン基板から剥離したシリコン太陽電池は、室温で取り扱う場合には問題が生じないが、高温の雰囲気下、たとえば、90℃の雰囲気下では、シリコン太陽電池素子の厚さに比して、基板であるプラスチックフィルムの厚さが十分に大きいいため、プラスチックフィルムの熱膨張によって、シリコン太陽電池素子が割れたりすることがあった。

【0006】かかる問題は、モリブデン、タングステン

など、シリコンなどの半導体材料の熱線膨張係数に近い熱線膨張係数を有する材料によって形成された基板に、シリコン太陽電池素子を接着し、シリコン基板から剥離して、シリコン太陽電池を形成すれば、解決することは可能であるが、モリブデン、タングステンなどは、地球上での埋蔵量が少なく、貴重な資源であり、そのために、材料コストが高いという問題があった。

【0007】また、ガラスも、シリコンなどの半導体材料の熱線膨張係数に近い熱線膨張係数を有しているが、薄いガラス板は割れやすく、取り扱いが困難であるという問題があった。

【0008】かかる問題は、シリコンを半導体材料として用いた太陽電池に限らず、太陽電池一般においても、また、太陽電池に限らず、MOSなどの他の種類の半導体素子においても、解決すべき問題である。

【0009】したがって、本発明は、半導体薄膜が、半導体基板から剥離され、基板に転写されて製造され、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障がなく、低コストで製造することのできる半導体素子およびその製造方法を提供することを目的とするものである。

【0010】本発明の別の目的は、太陽電池素子が、半導体基板から剥離され、基板に転写されて製造され、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障がなく、低コストで製造することのできる太陽電池およびその製造方法を提供することにある。

【0011】本発明のさらに別の目的は、半導体薄膜が、半導体基板から剥離され、基板に転写されて製造され、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障がなく、低コストで製造することのできる半導体素子を用いた光学素子を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】本発明者は、かかる目的を達成するため、鋭意、研究を重ねた結果、本発明の前記目的が、半導体薄膜が、接着層を介して、インバー型合金基板に形成された半導体素子によって達成されることを見出した。

【0013】Si、Ge、GaAs、GaSb、ZnTeなどの半導体材料の熱線膨張係数はいずれも、 $2 \sim 8 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ 程度で、きわめて小さく、半導体薄膜が基板から受ける熱応力の影響を最小限なものとし、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いを容易にするためには、低温から高温までの温度条件下で、たとえば、 $-150^\circ\text{C}$ ないし $300^\circ\text{C}$ の温度範囲で、半導体薄膜を形成する半導体材料の熱線膨張係数と近い熱線膨張係数を有する基板を用いる必要があるところ、インバー型合金の熱線膨張係数は、室温付近でほぼゼロであり、低熱線膨張係数の範囲を越えた $150^\circ\text{C}$ 近傍でも、 $3 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ で、半導体材料の熱線膨張係数と近く、代表的な半導体材料であるシリコンの熱線膨張係数 $2.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ と同程度であり、さらに、合金組成を調



整することによって、インバー型合金の熱線膨張係数を、半導体薄膜に使用する半導体材料の熱線膨張係数に合致させることができ、したがって、接着層を介して、インバー型合金基板に、半導体薄膜を形成するときは、低温から高温までの温度条件下において、半導体薄膜が基板から受ける熱応力の影響を最小限なものとするのが可能になる。本発明は、かかる知見に基づくものである。

【0014】本発明によれば、半導体素子の基板として、低温から高温までの温度条件下において、半導体材料の熱線膨張係数と近い熱線膨張係数を有し、かつ、低温から高温までの温度条件下において、熱線膨張係数を、半導体材料の熱線膨張係数と近い値に制御可能なインバー型合金基板を用いているので、低温から高温までの温度条件下において、半導体薄膜が基板から受ける熱応力の影響を最小限に抑制することができ、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障を生じることのない半導体素子を得ることが可能になり、しかも、インバー型合金は、モリブデンやタングステンに比し、材料コストが低いため、低コストで、半導体素子を製造することが可能となる。

【0015】さらに、本発明によれば、基板として、可撓性の大きいインバー型合金基板を用いているので、用途に応じた形状の半導体素子を形成することができ、たとえば、凹球面状のインバー型合金基板に、接着層を介して、半導体薄膜を形成し、CCDの受光面に利用することによって、1枚の安価なレンズを用いて、レンズの収差が補正されたCCD撮像素子を生成することが可能になり、あるいは、凹球面状のインバー型合金基板に、接着層を介して、半導体薄膜を形成し、面発光レーザの発光面に利用することによって、レンズを使用しないで、レーザ光を収束させることができ、あるいは、凸球面状のインバー型合金基板に、接着層を介して、半導体薄膜を形成し、面発光レーザの発光面に利用することによって、広角度で、レーザ発光を見ることができ、あるいは、半円筒面状のインバー型合金基板の内面に、接着層を介して、半導体薄膜を形成し、面発光レーザの発光面に利用することによって、ライン上に、レーザ光を集光することが可能になる。

【0016】また、本発明によれば、基板として、熱伝導性の高いインバー型合金を用いているので、インバー型合金基板に放熱板としての役割を担わせることができ、半導体素子に放熱用のフィンを設けるなどの放熱対策を不要にすることが可能になる。

【0017】本発明の好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板の厚さが2mm以下に形成されている。

【0018】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金、鉄-白金合金、鉄-パラジウム合金、鉄-コバルト-クロ

ム合金、鉄-ニッケル-クロム合金、鉄-ニッケル-マンガン合金、鉄-コバルト-クロム合金、熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5}$  /℃以下の反強磁性のクロム-鉄-マンガン合金およびアモルファス合金よりなる群から選ばれた熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5}$  /℃以下の材料によって形成されている。

【0019】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金によって形成されている。

【0020】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記接着層が、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料によって形成されている。

【0021】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板の前記半導体薄膜側の表面が、テクスチャー構造を有している。

【0022】本発明のさらに好ましい実施態様によれば、インバー型合金基板の半導体薄膜側の表面が、テクスチャー構造を有しているから、半導体素子を太陽電池などに利用したときに、入射した光を乱反射させることができ、変換効率を向上させることが可能になる。

【0023】本発明のさらに好ましい実施態様においては、さらに、前記少なくとも1つの半導体薄膜の前記インバー型合金基板の反対側に、透明な保護板が設けられている。

【0024】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記透明な保護板がプラスチックによって形成されている。

【0025】本発明のさらに好ましい実施態様によれば、透明なプラスチックを保護板として用いられているが、半導体薄膜の反対側の面には、インバー型合金基板が接着され、半導体薄膜を支持しているから、温度変化によって、プラスチックよりなる保護板から応力を受けても、半導体薄膜がひび割れるということを効果的に防止することが可能になる。

【0026】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記少なくとも1つの半導体薄膜がシリコンによって形成されている。

【0027】本発明の前記目的はまた、基板上に、多孔質層を形成し、前記多孔質層上に、少なくとも1つの半導体薄膜を形成し、前記半導体薄膜にインバー型合金基板を接着した後、前記多孔質層の部分で、前記基板を剥離することを特徴とする半導体素子の製造方法によって達成される。

【0028】本発明によれば、半導体素子の基板として、低温から高温までの温度条件下において、半導体材料の熱線膨張係数と近い熱線膨張係数を有し、かつ、低温から高温までの温度条件下において、熱線膨張係数を、半導体材料の熱線膨張係数と近い値に制御可能なイ

ンバー型合金基板を用いているので、低温から高温までの温度条件下において、半導体薄膜が基板から受ける熱応力の影響を最小限に抑制することができ、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障を生じることのない半導体素子を得ることが可能になり、しかも、インバー型合金は、モリブデンやタングステンに比し、材料コストが低いため、低コストで、半導体素子を製造することが可能となる。

【0029】本発明の好ましい実施態様においては、さらに、前記少なくとも1つの半導体薄膜の前記基板が剥離された面に、透明な保護板が接着されて、半導体素子が製造される。

【0030】本発明の前記目的はまた、基板上に、多孔質層を形成し、前記多孔質層上に、少なくとも1つの半導体薄膜を形成し、前記少なくとも1つの半導体薄膜に透明な保護板を接着した後、前記多孔質層の部分で、前記基板を剥離し、前記少なくとも1つの半導体薄膜の前記基板が剥離された面に、インバー型合金基板を接着することを特徴とする半導体素子の製造方法によって達成される。

【0031】本発明によれば、少なくとも1つの半導体薄膜を透明な保護板に転写しているが、半導体素子の基板として機能するのは、インバー型合金基板であり、半導体素子の基板として、低温から高温までの温度条件下において、半導体材料の熱線膨張係数と近い熱線膨張係数を有し、かつ、低温から高温までの温度条件下において、熱線膨張係数を、半導体材料の熱線膨張係数と近い値に制御可能なインバー型合金基板を用いているので、低温から高温までの温度条件下において、半導体薄膜が基板から受ける熱応力の影響を最小限に抑制することができ、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障を生じることのない半導体素子を得ることが可能になり、しかも、インバー型合金は、モリブデンやタングステンに比し、材料コストが低いため、低コストで、半導体素子を製造することが可能となる。

【0032】本発明のさらに好ましい実施態様においては、周面にテクスチャー構造を有する圧延ローラと、周面が平滑な圧延ローラによって、インバー型合金基板を圧延して、前記インバー型合金基板が製造される。

【0033】本発明のさらに好ましい実施態様によれば、半導体素子を太陽電池などに用いたときに、好ましくは要求される入射光を乱反射させる表面を、インバー型合金基板の生成時に形成することが可能になる。

【0034】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板の厚さが2mm以下に形成されている。

【0035】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金、鉄-白金合金、鉄-パラジウム合金、鉄-コバルト-クロム合金、鉄-ニッケル-クロム合金、鉄-ニッケル-マ

ンガン合金、鉄-コバルト-クロム合金、反強磁性のクロム-鉄-マンガン合金およびアモルファス合金よりなる群から選ばれる熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ 以下の材料によって形成されている。

【0036】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金によって形成されている。

【0037】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板を、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料によって、前記少なくとも1つの半導体薄膜に接着することによって、半導体素子が製造される。

【0038】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記透明な保護板がプラスチックによって形成されている。

【0039】本発明のさらに好ましい実施態様によれば、透明なプラスチックを保護板として用いられているが、半導体薄膜の反対側の面には、インバー型合金基板が接着され、半導体薄膜を支持しているから、温度変化によって、プラスチックよりなる保護板から応力を受けても、半導体薄膜がひび割れるということを効果的に防止することが可能になる。

【0040】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記少なくとも1つの半導体薄膜がシリコンによって形成されている。

【0041】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記多孔質層が多孔質シリコン層によって形成されて、半導体素子が製造される。

【0042】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記基板がシリコンによって形成されている。

【0043】本発明の前記目的はまた、接着層を介して、インバー型合金基板に形成された少なくとも1つの半導体薄膜と、前記半導体薄膜上に、パターンニングされた電極を備えた太陽電池によって達成される。

【0044】本発明によれば、太陽電池の基板として、低温から高温までの温度条件下において、半導体材料の熱線膨張係数と近い熱線膨張係数を有し、かつ、低温から高温までの温度条件下において、熱線膨張係数を、半導体材料の熱線膨張係数と近い値に制御可能なインバー型合金基板を用いているので、低温から高温までの温度条件下において、半導体薄膜よりなる太陽電池素子が基板から受ける熱応力の影響を最小限に抑制することができ、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障を生じることのない太陽電池を得ることが可能になり、しかも、インバー型合金は、モリブデンやタングステンに比し、材料コストが低いため、低コストで、太陽電池を得ることが可能となる。

【0045】本発明の好ましい実施態様においては、さらに、前記少なくとも1つの半導体薄膜の前記インバー

型合金基板の反対側に、透明な保護板が設けられている。

【0046】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板の厚さが2mm以下に形成されている。

【0047】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金、鉄-白金合金、鉄-パラジウム合金、鉄-コバルト-クロム合金、鉄-ニッケル-クロム合金、鉄-ニッケル-マンガン合金、鉄-コバルト-クロム合金、反強磁性のクロム-鉄-マンガン合金およびアモルファス合金よりなる群から選ばれる熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5}$  /℃以下の材料によって形成されている。

【0048】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金によって形成されている。

【0049】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記接着層が、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料によって形成されている。

【0050】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板の前記半導体薄膜側の表面が、テクスチャー構造を有している。

【0051】本発明のさらに好ましい実施態様によれば、インバー型合金基板の半導体薄膜側の表面が、テクスチャー構造を有しているから、入射した光を乱反射させることができ、変換効率を向上させることが可能になる。

【0052】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記透明な保護板がプラスチックによって形成されている。

【0053】本発明のさらに好ましい実施態様によれば、透明なプラスチックを保護板として用いられているが、半導体薄膜の反対側の面には、インバー型合金基板が接着され、半導体薄膜を支持しているから、温度変化によって、プラスチックよりなる保護板から応力を受けても、半導体薄膜がひび割れるということを効果的に防止することが可能になる。

【0054】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記少なくとも1つの半導体薄膜がシリコンによって形成されている。

【0055】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記基板がシリコンによって形成されている。

【0056】本発明の前記目的はまた、基板上に、多孔質層を形成し、前記多孔質層上に、少なくとも1つの半導体薄膜を形成し、前記少なくとも1つの半導体薄膜上に、電極をパターンニングし、さらに、インバー型合金基板を接着した後、前記多孔質層の部分で、前記基板を剥離することを特徴とする太陽電池の製造方法によって達

成される。

【0057】本発明によれば、太陽電池の基板として、低温から高温までの温度条件下において、半導体材料の熱線膨張係数と近い熱線膨張係数を有し、かつ、低温から高温までの温度条件下において、熱線膨張係数を、半導体材料の熱線膨張係数と近い値に制御可能なインバー型合金基板を用いているので、低温から高温までの温度条件下において、半導体薄膜よりなる太陽電池素子が基板から受ける熱応力の影響を最小限に抑制することができ、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障を生じることのない太陽電池を得ることが可能になり、しかも、インバー型合金は、モリブデンやタングステンに比し、材料コストが低いため、低コストで、太陽電池を製造することが可能となる。

【0058】本発明の好ましい実施態様においては、さらに、前記少なくとも1つの半導体薄膜の前記基板が剥離された面に、透明な保護板を接着して、太陽電池が製造される。

【0059】本発明の前記目的はまた、基板上に、多孔質層を形成し、前記多孔質層上に、少なくとも1つの半導体薄膜を形成し、前記少なくとも1つの半導体薄膜上に、電極をパターンニングし、さらに、透明な保護板を接着した後、前記多孔質層の部分で、前記基板を剥離し、前記少なくとも1つの半導体薄膜の前記基板が剥離された面に、インバー型合金基板を接着することを特徴とする太陽電池の製造方法によって達成される。

【0060】本発明によれば、太陽電池の基板として、低温から高温までの温度条件下において、半導体材料の熱線膨張係数と近い熱線膨張係数を有し、かつ、低温から高温までの温度条件下において、熱線膨張係数を、半導体材料の熱線膨張係数と近い値に制御可能なインバー型合金基板を用いているので、低温から高温までの温度条件下において、半導体薄膜よりなる太陽電池素子が基板から受ける熱応力の影響を最小限に抑制することができ、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障を生じることのない太陽電池を得ることが可能になり、しかも、インバー型合金は、モリブデンやタングステンに比し、材料コストが低いため、低コストで、太陽電池を製造することが可能となる。

【0061】本発明のさらに好ましい実施態様においては、周面にテクスチャー構造を有する圧延ローラと、周面が平滑な圧延ローラによって、インバー型合金板を圧延して、前記インバー型合金基板が製造される。

【0062】本発明のさらに好ましい実施態様によれば、周面にテクスチャー構造を有する圧延ローラと、周面が平滑な圧延ローラによって、インバー型合金板を圧延して、インバー型合金基板を生成しているため、インバー型合金基板の半導体薄膜側の表面が、テクスチャー構造を有することになり、その表面で、入射した光を乱反射させることができ、変換効率を向上させることが可

能になる。

【0063】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板の厚さが2mm以下に形成されている。

【0064】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金、鉄-白金合金、鉄-パラジウム合金、鉄-コバルトクロム合金、鉄-ニッケルクロム合金、鉄-ニッケルマンガン合金、鉄-コバルトクロム合金、反強磁性のクロム-鉄-マンガン合金およびアモルファス合金よりなる群から選ばれる熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5}$  /℃以下の材料によって形成されている。

【0065】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金によって形成されている。

【0066】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板を、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料を用いて、

【0067】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記透明な保護板がプラスチックによって形成されている。

【0068】本発明のさらに好ましい実施態様によれば、透明なプラスチックを保護板として用いられているが、半導体薄膜の反対側の面には、インバー型合金基板が接着され、半導体薄膜を支持しているから、温度変化によって、プラスチックよりなる保護板から応力を受けても、半導体薄膜がひび割れるということを効果的に防止することが可能になる。

【0069】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記少なくとも1つの半導体薄膜がシリコンによって形成されている。

【0070】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記多孔質層が多孔質シリコン層によって形成されて、太陽電池が製造される。

【0071】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記基板がシリコンによって形成されている。

【0072】本発明の前記目的はまた、凹球面状のインバー型合金基板に、接着層を介して、半導体薄膜を形成し、CCDの受光面を構成したことを特徴とするCCD撮像素子によって達成される。

【0073】受光面が平面のCCD撮像素子では、多数枚のレンズを組み合わせたり、非球面レンズを使用して、レンズの色収差を補正しているが、本発明によれば、インバー型合金は可撓性を有しているため、1枚の安価なレンズを用いた場合にも、インバー型合金基板を所望の凹球面形状に形成することによって、受光面に焦点が合うように、レンズの収差を補正することが可能になり、CCD撮像素子のコストを大幅に低減させること

ができる。

【0074】本発明の好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板の厚さが2mm以下に形成されている。

【0075】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金、鉄-白金合金、鉄-パラジウム合金、鉄-コバルトクロム合金、鉄-ニッケルクロム合金、鉄-ニッケルマンガン合金、鉄-コバルトクロム合金、反強磁性のクロム-鉄-マンガン合金およびアモルファス合金よりなる群から選ばれる熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5}$  /℃以下の材料によって形成されている。

【0076】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金によって形成されている。

【0077】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記接着層が、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料によって形成されている。

【0078】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記透明な保護板がプラスチックによって形成されている。

【0079】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記少なくとも1つの半導体薄膜がシリコンによって形成されている。

【0080】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記多孔質層が多孔質シリコン層によって形成されている。

【0081】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記基板がシリコンによって形成されている。

【0082】本発明の前記目的はまた、凹球面状のインバー型合金基板に、接着層を介して、半導体薄膜を形成し、面発光レーザの発光面を構成したことを特徴とする面発光レーザによって達成される。

【0083】本発明によれば、インバー型合金は可撓性を有しているため、インバー型合金基板を所望の凹球面形状に形成し、その表面上に、接着層を介して、半導体薄膜を形成することによって、レンズを使用しなくても、所望の点に、レーザ光を収束することが可能になる。

【0084】本発明の前記目的はまた、凸球面状のインバー型合金基板に、接着層を介して、半導体薄膜を形成し、面発光レーザの発光面を構成したことを特徴とする面発光レーザによって達成される。

【0085】本発明によれば、インバー型合金は可撓性を有しているため、インバー型合金基板を所望の凹球面形状に形成し、その表面上に、接着層を介して、半導体薄膜を形成することによって、レーザ光を、所望のように、分散発光させることが可能になる。

【0086】本発明の前記目的はまた、半円筒面状のインバー型合金基板の内面に、接着層を介して、半導体薄膜を形成し、面発光レーザの発光面を構成したことを特徴とする面発光レーザによって達成される。

【0087】本発明によれば、インバー型合金は可撓性を有しているため、インバー型合金基板を所望の半円筒面形状に形成し、その内面に、接着層を介して、半導体薄膜を形成することによって、レーザ光を、所望の線上に収束させることが可能になる。

【0088】本発明の好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板の厚さが2mm以下に形成されている。

【0089】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金、鉄-白金合金、鉄-パラジウム合金、鉄-コバルト-クロム合金、鉄-ニッケル-クロム合金、鉄-ニッケル-マンガン合金、鉄-コバルト-クロム合金、反強磁性のクロム-鉄-マンガン合金およびアモルファス合金よりなる群から選ばれる熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5}$  /℃以下の材料によって形成されている。

【0090】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記インバー型合金基板が、鉄-ニッケル合金によって形成されている。

【0091】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記接着層が、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料によって形成されている。

【0092】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記透明な保護板がプラスチックによって形成されている。

【0093】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記少なくとも1つの半導体薄膜がシリコンによって形成されている。

【0094】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記多孔質層が多孔質シリコン層によって形成されている。

【0095】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記基板がシリコンによって形成されている。

【0096】本発明に使用可能なインバー型合金としては、鉄-ニッケル合金が最も典型的であるが、鉄-ニッケル合金に限らず、インバー特性を示す材料はすべて、本発明のインバー型合金基板として、使用することができる。インバー型合金を半導体薄膜のための基板として使用するためには、はんだ付け作業などを考慮すると、250℃程度の温度下でも、半導体薄膜に熱応力の影響を及ぼさないことが要求されるが、現在、知られているインバー型合金はすべてかかる特性を備えている。実用的には、インバー型の熱線膨張係数は、合金低温領域に比して、高温領域において、半導体材料の熱線膨張係数

との差が小さいことがとくに望ましいが、強磁性キュリー点を高温側にシフトさせた鉄をリッチにした合金組成を選択することによって、かかる要請を満足させることができ、たとえば、300ないし350℃の温度範囲でも、半導体薄膜に熱応力の影響を及ぼさないようにすることができる。

【0097】本発明の前記目的はまた、少なくとも1つの半導体薄膜が、接着層を介して、コパール合金基板に形成された半導体素子によって達成される。

【0098】本発明によれば、低温から高温までの温度条件下において、半導体薄膜が基板から受ける熱応力の影響を最小限に抑制することができ、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障を生じることのない半導体素子を得ることが可能になる。

【0099】本発明の好ましい実施態様においては、前記コパール合金基板が、鉄、コバルトおよびニッケルを主成分とし、鉄の含有量が30ないし70atôm%、コバルトおよびニッケルの含有量の和が30ないし60atôm%、その他の元素の含有量が10%atôm以下で、熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5}$  /℃以下のコパール合金によって形成されている。

【0100】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記接着層が、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料によって形成されている。

【0101】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記コパール合金基板の前記半導体薄膜側の表面が、テクスチャー構造を有している。

【0102】本発明のさらに好ましい実施態様においては、半導体素子は、さらに、前記少なくとも1つの半導体薄膜の前記コパール合金基板の反対側に、透明な保護板を備えている。

【0103】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記透明な保護板がプラスチックによって形成されている。

【0104】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記少なくとも1つの半導体薄膜がシリコンによって形成されている。

【0105】本発明の前記目的はまた、基板上に、多孔質層を形成し、前記多孔質層上に、少なくとも1つの半導体薄膜を形成し、前記少なくとも1つの半導体薄膜にコパール合金基板を接着した後、前記多孔質層の部分で、前記基板を剥離することを特徴とする半導体素子の製造方法によって達成される。

【0106】本発明によれば、低温から高温までの温度条件下において、半導体薄膜が基板から受ける熱応力の影響を最小限に抑制することができ、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障を生じることのない半導体素子を得ることが可能になる。

【0107】本発明の好ましい実施態様においては、さらに、前記少なくとも1つの半導体薄膜の前記基板が剥離された面に、透明な保護板を接着することによって、半導体素子が製造される。

【0108】本発明の前記目的はまた、基板上に、多孔質層を形成し、前記多孔質層上に、少なくとも1つの半導体薄膜を形成し、前記少なくとも1つの半導体薄膜に透明な保護板を接着した後、前記多孔質層の部分で、前記基板を剥離し、前記少なくとも1つの半導体薄膜の前記基板が剥離された面に、コバール合金基板を接着する

ことを特徴とする半導体素子の製造方法によって達成される。

【0109】本発明によれば、低温から高温までの温度条件下において、半導体薄膜が基板から受ける熱応力の影響を最小限に抑制することができ、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障を生じることのない半導体素子を得ることが可能になる。

【0110】本発明の好ましい実施態様においては、周面にテクスチャー構造を有する圧延ローラと、周面が平滑な圧延ローラによって、コバール合金板を圧延して、前記コバール合金基板を製造することによって、半導体素子が製造される。

【0111】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記コバール合金基板が、鉄、コバルトおよびニッケルを主成分とし、鉄の含有量が30ないし70atom%、コバルトおよびニッケルの含有量の和が30ないし60atom%、その他の元素の含有量が10%atom以下で、熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5}$  /℃以下のコバール合金によって形成されている。

【0112】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記コバール合金基板を、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料によって、前記少なくとも1つの半導体薄膜に接着することによって、半導体素子が製造される。

【0113】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記透明な保護板がプラスチックによって形成されている。

【0114】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記少なくとも1つの半導体薄膜がシリコンによって形成されている。本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記多孔質層が多孔質シリコン層である。

【0115】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記基板がシリコンによって形成されている。

【0116】本発明の前記目的はまた、接着層を介して、コバール合金基板に形成された少なくとも1つの半導体薄膜と、前記半導体薄膜上に、パターンニングされた電極を備えたことを特徴とする太陽電池によって達成される。

【0117】本発明によれば、低温から高温までの温度

条件下において、半導体薄膜よりなる太陽電池素子が基板から受ける熱応力の影響を最小限に抑制することができ、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障を生じることのない太陽電池を得ることが可能になる。

【0118】本発明の好ましい実施態様においては、さらに、前記少なくとも1つの半導体薄膜の前記コバール合金基板の反対側に、透明な保護板が設けられている。

【0119】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記コバール合金基板が、鉄、コバルトおよびニッケルを主成分とし、鉄の含有量が30ないし70atom%、コバルトおよびニッケルの含有量の和が30ないし60atom%、その他の元素の含有量が10%atom以下で、熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5}$  /℃以下のコバール合金によって形成されている。

【0120】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記接着層が、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料によって形成されている。

【0121】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記コバール合金基板の前記半導体薄膜側の表面が、テクスチャー構造を有している。

【0122】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記透明な保護板がプラスチックによって形成されている。

【0123】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記少なくとも1つの半導体薄膜がシリコンによって形成されている。

【0124】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記基板がシリコンによって形成されている。

【0125】本発明の前記目的はまた、基板上に、多孔質層を形成し、前記多孔質層上に、少なくとも1つの半導体薄膜を形成し、前記少なくとも1つの半導体薄膜上に、電極をパターンニングし、さらに、コバール合金基板を接着した後、前記多孔質層の部分で、前記基板を剥離することを特徴とする太陽電池の製造方法によって達成される。

【0126】本発明によれば、低温から高温までの温度条件下において、半導体薄膜よりなる太陽電池素子が基板から受ける熱応力の影響を最小限に抑制することができ、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障を生じることのない太陽電池を製造することが可能になる。

【0127】本発明の好ましい実施態様においては、さらに、前記少なくとも1つの半導体薄膜の前記基板が剥離された面に、透明な保護板を接着することによって、太陽電池が製造される。

【0128】本発明の前記目的はまた、基板上に、多孔質層を形成し、前記多孔質層上に、少なくとも1つの半

導体薄膜を形成し、前記少なくとも1つの半導体薄膜上に、電極をパターンニングし、さらに、透明な保護板を接着した後、前記多孔質層の部分で、前記基板を剥離し、前記少なくとも1つの半導体薄膜の前記基板が剥離された面に、コバル合金基板を接着することを特徴とする太陽電池の製造方法によって達成される。

【0129】本発明によれば、低温から高温までの温度条件下において、半導体薄膜よりなる太陽電池素子が基板から受ける熱応力の影響を最小限に抑制することができ、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障を生じることのない太陽電池を製造することが可能になる。

【0130】本発明の好ましい実施態様においては、周面にテクスチャー構造を有する圧延ローラと、周面が平滑な圧延ローラによって、インバー型合金板を圧延して、前記インバー型合金基板を製造することによって、太陽電池が製造される。

【0131】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記コバル合金基板が、鉄、コバルトおよびニッケルを主成分とし、鉄の含有量が30ないし70atom%、コバルトおよびニッケルの含有量の和が30ないし60atom%、その他の元素の含有量が10%atom以下で、熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5}$  /℃以下のコバル合金によって形成されている。

【0132】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記コバル合金基板を、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂はんだおよびエチレンビニルアセテートよりなる群から選ばれた接着材料を用いて、接着することによって、太陽電池が製造される。

【0133】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記透明な保護板が、プラスチックによって形成されている。

【0134】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記少なくとも1つの半導体薄膜がシリコンによって形成されている。

【0135】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記多孔質層が多孔質シリコン層である。

【0136】本発明のさらに好ましい実施態様においては、前記基板がシリコンによって形成されている。

【0137】

【発明の実施の形態】以下、添付図面に基づいて、本発明の好ましい実施態様につき、詳細に説明を加える。

【0138】図1ないし図7は、本発明の実施態様にかかる単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池の製造プロセスを示す工程図である。

【0139】図1に示されるように、まず、ホウ素などのp型不純物を添加した0.01ないし0.02Ω・cmの比抵抗を有するp型単結晶シリコン基板1の表面に、たとえば、陽極化成法によって多孔質シリコン層2が形成される。すなわち、多孔質シリコン層2上に、結

晶性に優れたエピタキシャル層が形成されるように、たとえば、0.5ないし3mA/平方センチメートルの電流密度で、2ないし10分間、たとえば、8分間にわたって、第一の陽極化成処理が施されて、多孔率の小さい第一の多孔質シリコン層（図示せず）が形成され、次いで、たとえば、3ないし20mA/平方センチメートルの電流密度で、2ないし10分間、たとえば、8分間にわたって、第二の陽極化成処理が施されて、多孔率が中程度の第二の多孔質シリコン層（図示せず）が形成された後、たとえば、40ないし300mA/平方センチメートルの電流密度で、数秒間にわたって、第三の陽極化成処理が施されて、多孔率が大きい第三の多孔質シリコン層（図示せず）が形成される。多孔質シリコン層2の厚みは、0.5ないし10μm、好ましくは、約8μmである。ここに、陽極化成法は、シリコン基板1を陽極として、弗化水素酸溶液中で、通電をおこなう方法であり、陽極化成法としては、たとえば、伊東等による「表面技術Vol.46, No.5, p8~13, 1995『多孔質シリコンの陽極化成』」に記載された二重セル法が知られている。

【0140】この方法は、2つの電解溶液槽の間に、多孔質シリコン層2を形成すべきシリコン基板1を配置し、2つの電解溶液槽に、直流電源と接続された白金電極を設け、2つの電解溶液槽に、電解溶液を入れて、シリコン基板1を陽極、白金電極を陰極として、直流電圧を印加し、シリコン基板1の一方の面を浸食させて、多孔質化するものである。電解溶液としては、たとえば、弗化水素酸とエチルアルコールの容積比が3:1ないし1:1の電解溶液が好ましく使用される。

【0141】次いで、図2に示されるように、多孔質シリコン層2の表面に、1050ないし1200℃、たとえば、1100℃で、5ないし30分間にわたって、水素アニール処理が施されて、多孔質シリコン層2の表面に形成された多数の孔が塞がれた後、 $\text{SiH}_4$ 、 $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{SiCl}_3$ 、 $\text{SiHCl}_3$ 、 $\text{SiH}_2\text{Cl}_2$ などのガスを用いて、1000ないし1150℃、たとえば、1070℃で、多孔質シリコン層2の表面上に、p<sup>+</sup>型層3が、0.1ないし1μmの厚さに、エピタキシャル成長され、次いで、p型層4が、不純物濃度が $10^{14}$ ないし $10^{18}$ /立方センチメートルとなるように、1ないし50μmの厚さに、連続エピタキシャル成長される。その後、陰極となるn<sup>+</sup>型層5が、拡散またはエピタキシャル成長により、0.1ないし1μmの厚さに形成される。

【0142】ここに、水素アニール処理、エピタキシャル成長および拡散過程において、多孔質シリコン層2中のシリコン原子が移動して、再配列される結果、第三の多孔質シリコン層は、引張強度が著しく弱くなって、剥離層6に転化する。剥離層6は、p<sup>+</sup>型層3およびp型層4が、部分的にあるいは全体的に、シリコン基板1か

ら剥離することがない程度の引張強度を有している。

【0143】さらに、図3に示されるように、エキシマレーザなどを用いて、所定のパターンで、 $n^+$ 型層5が、レーザ・アブレーションによって除去され、陽極であるp型層4が露出される。本実施態様においては、陰極である $n^+$ 型層5を、微細なパターンニングが可能なレーザ・アブレーションによって除去し、陽極であるp型層4を露出させているので、フォトレジストなどのマスクを用いることなく、低コストで、無効電極面積を低減させて、所望の電極パターンを形成することが可能になる。

【0144】次いで、図4に示されるように、露出されたp- $n^+$ 結合を保護するために、800ないし1000℃で、熱酸化されて、シリコン酸化膜7が形成され、さらに、酸化チタン反射防止膜8が形成される。

【0145】その後、図5に示されるように、エキシマレーザなどを用いて、レーザ・アブレーションによって電極窓明けがされ、酸化チタン反射防止膜8に形成された開口部に、たとえば、金属ペーストがスクリーン印刷されて、陽極9aと陰極9bが形成される。

【0146】次いで、接着剤10を用いて、透明なプラスチックフィルム11が接着され、その後、シリコン基板1が、水またはエチルアルコールなどの溶液中に浸され、たとえば、25kHz、600Wの超音波がシリコン基板1に照射される。その結果、超音波のエネルギーによって、剥離層6の剥離強度が弱められて、剥離層6が破壊され、図6に示されるように、シリコン基板1が太陽電池素子12から剥離される。

【0147】シリコン基板1が剥離された太陽電池素子12の裏面には、多孔質シリコン層2が残っているの  
30 で、弗化水素酸と硝酸の混合液などを用いて、回転シリコンエッチング法などによって、太陽電池素子12の裏面の多孔質シリコン層2を除去した後、表面にテクスチャー構造13を有し、鉄-ニッケル合金よりなるインバー型合金基板14を、エポキシ樹脂よりなる接着剤15を用いて接着して、図7に示されるように、単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池16が生成される。

【0148】単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池16から剥離されたシリコン基板1の表面に残存している多孔質シリコン層2は、電解研磨、回転シリコンエッチング法などによって除去され、シリコン基板1は再利用される。

【0149】本実施態様によれば、低温から高温までの温度条件下において、半導体材料の熱線膨張係数と近い熱線膨張係数を有し、かつ、低温から高温までの温度条件下において、熱線膨張係数を、半導体材料の熱線膨張係数と近い値に制御可能な鉄-ニッケル合金よりなるインバー型合金基板14を、太陽電池素子12の基板として用いているので、低温から高温までの温度条件下において、太陽電池素子12が基板から受ける熱応力の影響

を最小限に抑制することができ、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障を生じることのない太陽電池16を得ることが可能になる。

【0150】さらに、本実施態様によれば、接着剤10を用いて、透明なプラスチックフィルム11が接着されているが、単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池16の反対側の面には、インバー型合金基板14が接着され、太陽電池素子12を支持しているから、温度変化によって、プラスチックフィルム11が伸縮して、太陽電池素子12に応力が加わっても、太陽電池素子12にひび割れが生じるということを効果的に防止することが可能になる。

【0151】また、本実施態様によれば、モリブデンやタングステンなどに比し、材料コストが低い鉄-ニッケル合金よりなるインバー型合金基板14を、太陽電池素子12の基板として用いているので、低コストで、太陽電池16を製造することが可能となる。

【0152】さらに、本実施態様によれば、インバー型合金基板14は、その表面にテクスチャー構造13を有している  
20 のので、入射した光をテクスチャー構造によって、乱反射させることができ、変換効率を向上させることが可能になる。

【0153】図8ないし図14は、本発明の他の好ましい実施態様にかかるバックコンタクト型の単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池の製造プロセスを示す工程図である。

【0154】図8ないし図11に示されるように、図1ないし図4に示されたのと同様にして、p型単結晶シリコン基板1の表面に、多孔質シリコン層2、 $p^+$ 型層3、p型層4、 $n^+$ 型層5、シリコン酸化膜7および酸化チタン反射防止膜8が、この順に、形成される。

【0155】次いで、図12に示されるように、エキシマレーザなどを用いて、レーザ・アブレーションによって電極窓明けがされ、シリコン酸化膜7に形成された開口部に、たとえば、金属ペーストがスクリーン印刷されて、陽極9aと陰極9bが形成される。ここに、陽極9aと陰極9bは、太陽電池の裏面から入射し、太陽電池を透過した光をできるだけ多く、反射させるようにするため、面積が大きい方が望ましい。

【0156】さらに、エチレンビニルアセテートよりなる接着剤15を用いて、鉄-ニッケル合金よりなり、表面にテクスチャー構造13を備えたインバー型合金基板14が接着された後、シリコン基板1が、水またはエチルアルコールなどの溶液中に浸され、たとえば、25kHz、600Wの超音波がシリコン基板1に照射される。その結果、超音波のエネルギーによって、剥離層6の剥離強度が弱められて、剥離層6が破壊され、図13に示されるように、シリコン基板1が太陽電池素子12から剥離される。

【0157】シリコン基板1が剥離された太陽電池素子



12の裏面には、多孔質シリコン層2が残っているの  
で、弗化水素酸と硝酸の混合液などを用いて、回転シリ  
コンエッチング法などによって、太陽電池素子12の裏  
面の多孔質シリコン層2を除去し、 $p^+$ 型層3が露出さ  
れる。

【0158】次いで、露出された $p^+$ 型層3の表面に、  
チタン酸化物( $TiO_x$ )を含んだ溶液が塗布され、紫  
外線が照射されることによって、塗膜が乾燥されると  
ともに、チタン酸化物が酸化あるいは還元され、厚さ10  
ないし100nmの主として二酸化チタンよりなる酸化  
チタン反射防止膜8が、 $p^+$ 型層3の表面に形成され  
る。さらに、酸化チタン反射防止膜8の表面に、接着剤  
10を用いて、プラスチックフィルム18が接着され、  
図14に示されるように、バックコンタクト型薄膜単結  
晶シリコン太陽電池19が生成される。

【0159】本実施態様によれば、低温から高温までの  
温度条件下において、半導体材料の熱線膨張係数と近い  
熱線膨張係数を有し、かつ、低温から高温までの温度条  
件下において、熱線膨張係数を、半導体材料の熱線膨張  
係数と近い値に制御可能な鉄-ニッケル合金よりなるイン  
バー型合金基板14に、太陽電池素子12を接着剤1  
0によって接着して、シリコン基板1から剥離し、イン  
バー型合金基板14を太陽電池素子12の基板とし用い  
ているので、低温から高温までの温度条件下において、  
太陽電池素子12が基板から受ける熱応力の影響を最小  
限に抑制することができ、低温から高温までの温度条件  
下でも、取り扱いに支障を生じることのないバックコン  
タクト型薄膜単結晶シリコン太陽電池19を得ることが  
可能になる。

【0160】さらに、本実施態様によれば、接着剤10  
を用いて、透明なプラスチックフィルム11が接着され  
ているが、バックコンタクト型薄膜単結晶シリコン太陽  
電池19の反対側の面には、インバー型合金基板14が  
接着され、太陽電池素子12を支持しているから、温度  
変化によって、プラスチックフィルム11が伸縮して、  
太陽電池素子12に応力が加わっても、太陽電池素子1  
2にひび割れが生じるということを効果的に防止するこ  
とが可能になる。

【0161】また、本実施態様によれば、モリブデンや  
タングステンなどに比し、材料コストが低い鉄-ニッケ  
ル合金よりなるインバー型合金基板14を、太陽電池素  
子12の基板として用いているので、低コストで、太陽  
電池16を製造することが可能となる。

【0162】さらに、本実施態様によれば、インバー型  
合金基板14は、その表面にテクスチャー構造13を有  
しているのので、入射した光をテクスチャー構造によっ  
て、乱反射させることができ、変換効率を向上させるこ  
とが可能になる。

【0163】また、本実施態様によれば、バックコンタ  
クト型薄膜単結晶シリコン太陽電池19は、光がプラス

チックフィルム18に入射するように構成され、入射面  
には電極がないため、無効電極面積を減少させ、変換効  
率を大幅に向上させることが可能になる。

【0164】図15は、インバー型合金基板製造装置の  
略縦断面図である。

【0165】図15に示されるように、本実施態様にか  
かるインバー型合金基板製造装置は、一對の圧延ローラ  
30、31と、一對の圧延ローラ32、33を備えてお  
り、圧延ローラ30、31、33は周面が平滑に形成さ  
れ、圧延ローラ32の周面のみがテクスチャー構造を有  
している。

【0166】インバー型合金板35は、一對の圧延ロー  
ラ30、31によって圧延され、さらに、一對の圧延ロー  
ラ32、33によって圧延されて、インバー型合金基  
板36が生成されるが、圧延ローラ32の周面がテクス  
チャー構造を有しているため、インバー型合金基板36  
の一方の表面に、テクスチャー構造が転写され、一方の  
表面がテクスチャー構造を有するインバー型合金基板3  
6が得られる。

【0167】本実施態様によれば、インバー型合金基板  
36を生成する際、太陽電池に入射する光を乱反射させ  
る表面を同時に形成することが可能になり、効率的であ  
る。

【0168】図16は、本発明の好ましい実施態様にか  
かるCCD撮像素子の略断面図である。

【0169】図16に示されるように、CCD撮像素子  
40は、凹球面状のインバー型合金基板41と、シリコ  
ン薄膜よりなるCCD受光素子42を備え、CCD受光  
素子42は、エポキシ樹脂よりなる接着層43を介し  
て、凹球面状のインバー型合金基板41の内面に形成さ  
れている。

【0170】一般に、デジタルカメラなどは、平面状  
の受光面を備えたCCD撮像素子が用いられているが、  
レンズには色収差があるため、多数のレンズを組み合わ  
せたり、あるいは、非球面レンズを使用して、平面状の  
受光面に、画像を結像させており、必然的に、コストア  
ップの原因となっている。しかしながら、インバー型合  
金基板41は可撓性を有しており、本実施態様によれ  
ば、インバー型合金基板41を凹球面状に形成し、その  
内面に、接着層43を介して、シリコン薄膜よりなるC  
CD受光素子42を形成しているので、1枚の安価なレ  
ンズを用いた場合にも、凹球面状のインバー型合金基板  
41の曲率を調整することによって、CCD受光素子4  
2上に、画像を結像させることが可能になり、CCD撮  
像素子のコストを低減させることが可能になる。

【0171】図17は、本発明のさらに他の好ましい実  
施態様にかかる面発光レーザの略断面図である。

【0172】図17に示されるように、面発光レーザ5  
0は、凹球面状のインバー型合金基板51と、シリコン  
薄膜よりなるレーザ発光素子52を備えており、レーザ

発光素子 52 は、エポキシ樹脂よりなる接着層 53 を介して、凹球面状のインバー型合金基板 51 の内面に形成されている。

【0173】インバー型合金基板 51 は可撓性を有しており、本実施態様によれば、インバー型合金基板 51 を凹球面状に形成し、その内面に、接着層 53 を介して、シリコン薄膜よりなるレーザ発光素子 52 を形成しているので、凹球面状のインバー型合金基板 51 の曲率を調整することによって、レーザを所望の点に集光させることが可能になる。

【0174】図 18 は、本発明のさらに他の好ましい実施態様にかかる面発光レーザの略断面図である。

【0175】図 18 に示されるように、面発光レーザ 60 は、凸球面状のインバー型合金基板 61 と、シリコン薄膜よりなるレーザ発光素子 62 を備えており、レーザ発光素子 62 は、エポキシ樹脂よりなる接着層 63 を介して、凹球面状のインバー型合金基板 61 の外面に形成されている。

【0176】インバー型合金基板 61 は可撓性を有しており、本実施態様によれば、インバー型合金基板 61 を凹球面状に形成し、その外面に、接着層 63 を介して、シリコン薄膜よりなるレーザ発光素子 62 を形成しているので、凸球面状のインバー型合金基板 61 の曲率を調整することによって、レーザを、所望のように、分散発光させることが可能になる。

【0177】図 19 は、本発明のさらに他の好ましい実施態様にかかる面発光レーザの略断面図である。

【0178】図 19 に示されるように、面発光レーザ 70 は、半円筒状のインバー型合金基板 71 と、シリコン薄膜よりなるレーザ発光素子 72 を備えており、レーザ発光素子 72 は、エポキシ樹脂よりなる接着層 73 を介して、凹球面状のインバー型合金基板 71 の内面に形成されている。

【0179】インバー型合金基板 61 は可撓性を有しており、本実施態様によれば、インバー型合金基板 71 を半円筒状に形成し、その内面に、接着層 73 を介して、シリコン薄膜よりなるレーザ発光素子 72 を形成しているので、凹球面状のインバー型合金基板 71 の曲率を調整することによって、レーザを所望の線上に集光させることが可能になる。

【0180】

【実施例】以下、本発明の効果をより明らかなものとするため、比較例および実施例を掲げる。

【0181】比較例 1

弗化水素酸とエチルアルコールの容積比が 1 : 1 の電解溶液を用いて、ホウ素を添加した 0.01 ないし 0.02  $\Omega \cdot \text{cm}$  の比抵抗を有する p 型単結晶シリコン基板の表面に、7 mA / 平方センチメートルの電流密度で、8 分間にわたって、第一の陽極化成処理が施して、多孔率の小さい第一の多孔質シリコン層を形成した。

【0182】次いで、200 mA / 平方センチメートルの電流密度で、数秒間にわたって、第二の陽極化成処理を施して、多孔率が大きい第二の多孔質シリコン層を形成した。

【0183】さらに、7 mA / 平方センチメートルの電流密度で、8 分間にわたって、第三の陽極化成処理が施して、多孔率が大きい第二の多孔質シリコン層の下に、多孔率の小さい第三の多孔質シリコン層を形成した。

【0184】次いで、1100℃の水素雰囲気中で、アニール処理を施して、第二の多孔質シリコン層の孔を埋め、第二の多孔質シリコン層内部に、剥離層を形成した後、シランガスを用いて、1050℃で、CVD 法により、第二の多孔質シリコン層の表面に、10  $\mu\text{m}$  の厚さの p 型シリコン単結晶薄膜をエピタキシャル成長させた。

【0185】さらに、p 型シリコン単結晶薄膜の表面に、熱線膨張係数が  $7 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$  で、厚さが 3 mm のポリカーボネート基板を、UV 硬化樹脂を用いて、接着し、超音波によって、剥離層を破壊して、シリコン単結晶薄膜を単結晶シリコン基板から剥離して、サンプル # 1 を得た。

【0186】比較例 2

比較例 1 と全く同様にして、10  $\mu\text{m}$  の厚さの p 型シリコン単結晶薄膜をエピタキシャル成長させ、その後、p 型シリコン単結晶薄膜の表面に、熱線膨張係数が  $1.5 \times 10^{-4} / ^\circ\text{C}$  で、厚さが 0.4 mm のエチレンビニルアセテート基板を、加熱して接着し、比較例 1 と全く同様の方法で、超音波によって、剥離層を破壊して、シリコン単結晶薄膜を単結晶シリコン基板から剥離して、サンプル # 2 を得た。

【0187】実施例 1

比較例 1 と全く同様にして、10  $\mu\text{m}$  の厚さの p 型シリコン単結晶薄膜をエピタキシャル成長させ、その後、p 型シリコン単結晶薄膜の表面に、熱線膨張係数が  $1 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$  で、厚さが 0.1 mm の鉄-ニッケル合金よりなるインバー型合金基板を、エポキシ樹脂によって、接着し、比較例 1 と全く同様の方法で、超音波によって、剥離層を破壊して、シリコン単結晶薄膜を単結晶シリコン基板から剥離して、サンプル # 3 を得た。

【0188】サンプル # 1 ないし # 3 を目視によって、観察したところ、室温では、ひび割れは観察されなかった。しかし、サンプル # 1 ないし # 3 を 80℃に加熱し、再び、室温に戻した後、目視によって、観察したところ、サンプル # 3 にはひび割れは観察されなかったが、サンプル # 1 および # 2 にはひび割れが観察された。

【0189】比較例 1 および 2 ならびに実施例 1 より、インバー型合金よりなる基板に、シリコン単結晶薄膜を接着し、シリコン単結晶薄膜を単結晶シリコン基板から剥離して得た本発明にかかるサンプル # 3 にあっては、

80℃に加熱しても、シリコン単結晶薄膜にひび割れが生じないことが判明した。

#### 【0190】比較例3

弗化水素酸とエチルアルコールの容積比が1:1の電解溶液を用いて、ホウ素を添加した0.01ないし0.02Ω・cmの比抵抗を有するp型単結晶シリコン基板の表面に、7mA/平方センチメートルの電流密度で、8分間にわたって、第一の陽極化成処理が施して、多孔率の小さい第一の多孔質シリコン層を形成した。

【0191】次いで、200mA/平方センチメートルの電流密度で、数秒間にわたって、第二の陽極化成処理を施して、多孔率が大きい第二の多孔質シリコン層を形成した。

【0192】さらに、7mA/平方センチメートルの電流密度で、8分間にわたって、第三の陽極化成処理が施して、多孔率が大きい第二の多孔質シリコン層の下に、多孔率の小さい第三の多孔質シリコン層を形成した。

【0193】次いで、1100℃の水素雰囲気中で、アニール処理を施して、第二の多孔質シリコン層の孔を埋め、第二の多孔質シリコン層内部に、剥離層を形成した後、シランガスを用いて、1050℃で、CVD法により、第二の多孔質シリコン層の表面に、10μmの厚さのp型シリコン単結晶薄膜をエピタキシャル成長させた。

【0194】p型シリコン単結晶薄膜の表面に、リンをN拡散して、PN接合を形成し、その表面に反射防止膜を形成した後、単結晶シリコン基板を、150℃に加熱し、アルミニウムを蒸着して、くし型の表面電極を形成した。

【0195】次いで、電極の表面に、厚さ0.25mmの透明ポリエチレンテレフタレート基板をUV硬化型樹脂で接着し、比較例1と全く同様の方法により、超音波によって、剥離層を破壊して、単結晶シリコン薄膜太陽電池素子を、単結晶シリコン基板から剥離した。

【0196】さらに、単結晶シリコン薄膜太陽電池素子の単結晶シリコン基板から剥離された面の剥離層を、弗化水素酸、硝酸および酢酸の混合水溶液中で、エッチングによって除去した後、アルミニウムを0.3μm、150℃で、蒸着して、裏面電極を形成し、厚さ0.25mmのポリエチレンテレフタレート基板をカーボンフィラー入りの粘着剤で接着した。

【0197】次いで、表面電極部分に相当する透明プラスチック基板の部分を、窓開けして、表面電極を取り出し、単結晶シリコン薄膜太陽電池(サンプル#4)を得た。

#### 【0198】実施例2

比較例3と全く同様にして、単結晶シリコン薄膜太陽電池素子を形成し、0.25mmの透明ポリエチレンテレフタレート基板をUV硬化型樹脂で接着し、超音波によって、剥離層を破壊して、単結晶シリコン薄膜太陽電池

素子を、単結晶シリコン基板から剥離したさらに、単結晶シリコン薄膜太陽電池素子の単結晶シリコン基板から剥離された面の剥離層を、弗化水素酸、硝酸および酢酸の混合水溶液中で、エッチングによって除去した後、銀ペーストを塗布し、カーボンフィラーを含む導電性エポキシ樹脂によって、鉄-ニッケル合金よりなる厚さ0.2mmのインバー型合金基板に接着した。

【0199】次いで、電極部分に相当する透明プラスチック基板の部分を、窓開けして、表面電極を取り出し、単結晶シリコン薄膜太陽電池(サンプル#5)を得た。

【0200】サンプル#4および#5を目視によって、観察したところ、室温では、ひび割れは観察されなかった。しかし、サンプル#4および#5を70℃に加熱し、再び、室温に戻した後、目視によって、観察したところ、サンプル#5にはひび割れは観察されなかったが、サンプル#4にはひび割れが観察された。

【0201】比較例3および実施例2より、インバー型合金よりなる基板に、シリコン単結晶薄膜を接着し、シリコン単結晶薄膜を単結晶シリコン基板から剥離して得た本発明にかかるサンプル#5にあっては、70℃に加熱しても、シリコン単結晶薄膜にひび割れが生じないことが判明した。

#### 【0202】実施例3

弗化水素酸とエチルアルコールの容積比が2:1の電解溶液を用いて、ホウ素を添加した0.01ないし0.02Ω・cmの比抵抗を有するp型単結晶シリコン基板の表面に、7mA/平方センチメートルの電流密度で、8分間にわたって、第一の陽極化成処理が施して、多孔率の小さい第一の多孔質シリコン層を形成した。

【0203】次いで、100mA/平方センチメートルの電流密度で、数秒間にわたって、第二の陽極化成処理を施して、多孔率が大きい第二の多孔質シリコン層を形成した。

【0204】さらに、7mA/平方センチメートルの電流密度で、2分間にわたって、第三の陽極化成処理が施して、多孔率が大きい第二の多孔質シリコン層の下に、多孔率の小さい第三の多孔質シリコン層を形成した。

【0205】次いで、1100℃の水素雰囲気中で、アニール処理を施して、第二の多孔質シリコン層の孔を埋め、第二の多孔質シリコン層内部に、剥離層を形成した後、シランガスを用いて、1050℃で、CVD法により、第二の多孔質シリコン層の表面に、10μmの厚さのp型シリコン単結晶薄膜をエピタキシャル成長させた。

【0206】さらに、p型シリコン単結晶薄膜の表面をウエット酸化した後、スパッタリングによって、SiO<sub>2</sub>膜を成膜した厚さ1mmのインバー型合金基板の表面に、シリコン樹脂を塗布し、ウエット酸化したp型シリコン単結晶薄膜の表面を重ね合わせて、接着した。

【0207】次いで、比較例1と全く同様の方法で、超

音波によって、剥離層を破壊して、単結晶シリコン基板から剥離した。

【0208】さらに、残った剥離層を、スピンエッチャー装置を用いて、弗化水素酸と硝酸の混合水溶液で除去し、シリコン単結晶薄膜（サンプル#6）を得た。

【0209】得られたサンプル#6を目視によって、観察したところ、室温では、ひび割れは観察されなかった。さらに、サンプル#6を、150℃の温度下で、30分間にわたって、保持した後、室温に戻し、目視によって、観察したところ、ひび割れは認められなかった。

【0210】実施例3から、インバー型合金よりなる基板に、シリコン単結晶薄膜をを接着し、シリコン単結晶薄膜を単結晶シリコン基板から剥離して得た本発明にかかるサンプル#6にあっては、70℃に加熱しても、シリコン単結晶薄膜にひび割れが生じないことが判明した。

#### 【0211】実施例4

弗化水素酸とエチルアルコールの容積比が1:1の電解溶液を用いて、ホウ素を添加した0.01ないし0.02Ω・cmの比抵抗を有するp型単結晶シリコン基板の表面に、7mA/平方センチメートルの電流密度で、8分間にわたって、第一の陽極化成処理が施して、多孔率の小さい第一の多孔質シリコン層を形成した。

【0212】次いで、200mA/平方センチメートルの電流密度で、数秒間にわたって、第二の陽極化成処理を施して、多孔率が大きい第二の多孔質シリコン層を形成した。

【0213】さらに、7mA/平方センチメートルの電流密度で、8分間にわたって、第三の陽極化成処理が施して、多孔率が大きい第二の多孔質シリコン層の下に、多孔率の小さい第三の多孔質シリコン層を形成した。

【0214】次いで、1100℃の水素雰囲気中で、アニール処理を施して、第二の多孔質シリコン層の孔を埋め、第二の多孔質シリコン層内部に、剥離層を形成した後、シランガスを用いて、1050℃で、CVD法により、第二の多孔質シリコン層の表面に、10μmの厚さのp型シリコン単結晶薄膜をエピタキシャル成長させた。

【0215】さらに、p型シリコン単結晶薄膜の表面に、熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5}$  /℃で、厚さが1mmのコパール合金基板を、厚さ50μmのエチレンビニルアセテートを用いて、150℃で、接着し、超音波によって、剥離層を破壊して、シリコン単結晶薄膜を単結晶シリコン基板から剥離して、サンプル#7を得た。

【0216】得られたサンプル#7を目視によって、観察したところ、室温では、ひび割れは観察されなかった。さらに、サンプル#7を、80℃に加熱した後、室温に戻し、目視によって、観察したところ、ひび割れは認められなかった。

【0217】実施例4から、コパール合金よりなる基板

に、シリコン単結晶薄膜を接着し、シリコン単結晶薄膜を単結晶シリコン基板から剥離して得た本発明にかかるサンプル#3にあっては、80℃に加熱しても、シリコン単結晶薄膜にひび割れが生じないことが判明した。

【0218】本発明は、以上の実施態様および実施例に限定されることなく、特許請求の範囲に記載された発明の範囲内で種々の変更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることはいうまでもない。

【0219】たとえば、前記実施態様においては、太陽電池、CCD撮像素子、面発光レーザにつき、説明を加えたが、本発明は、太陽電池を製造する場合に限定されるものではなく、MOSなどの他の種類の半導体素子を製造する場合にも、適用可能であることはいうまでもない。

【0220】また、前記実施態様および前記実施例においては、半導体材料として、シリコンを用いているが、ゲルマニウムなどの他の半導体材料を用いることもできる。

【0221】さらに、前記実施態様および前記実施例においては、インバー型合金として、鉄-ニッケル合金を用いているが、本発明において使用可能なインバー型合金は鉄-ニッケル合金に限定されるものではなく、鉄-白金合金、鉄-パラジウム合金、鉄-コバルト-クロム合金、鉄-ニッケル-クロム合金、鉄-ニッケル-マンガン合金、鉄-コバルト-クロム合金、反強磁性のクロム-鉄-マンガン合金およびアモルファス合金など、熱線膨張係数が $1 \times 10^{-5}$  以下の/℃材料を用いることもできる。

【0222】さらには、前記実施態様においては、インバー型合金基板を用いているが、インバー型合金基板に代えて、コパール合金基板を用いることもできる。

【0223】また、前記実施態様および前記実施例においては、エポキシ樹脂よりなる接着剤を用いて、インバー型合金基板を接着しているが、接着剤はエポキシ樹脂に限定されるものではなく、シリコン樹脂、ポリイミド樹脂、エチレンビニルアセテートなどによって、インバー型合金基板を接着することもできる。

【0224】さらに、図1ないし図7に示された実施態様および図8ないし図14に示された実施態様においては、表面に、テクスチャー構造を備えたインバー型合金基板14を用いているが、テクスチャー構造を備えていることは、必ずしも必要がない。

【0225】また、図1ないし図7に示された実施態様および図8ないし図14に示された実施態様においては、それぞれ、太陽電池素子の保護膜として、透明なプラスチックフィルム11、18が用いられているが、透明なプラスチックに限らず、種々の透明材料を用いることができる。

#### 【0226】

【発明の効果】本発明によれば、半導体薄膜が、半導体

基板から剥離され、基板に転写されて製造され、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障がなく、低コストで製造することのできる半導体素子およびその製造方法を提供することが可能になる。

【0227】また、本発明によれば、太陽電池素子が、半導体基板から剥離され、基板に転写されて製造され、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障がなく、低コストで製造することのできる太陽電池およびその製造方法を提供することが可能になる。

【0228】さらに、本発明によれば、半導体薄膜が、半導体基板から剥離され、基板に転写されて製造され、低温から高温までの温度条件下でも、取り扱いに支障がなく、低コストで製造することのできる半導体素子を用いた光学素子を提供することが可能になる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明の好ましい実施態様にかかる単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池の製造プロセスを示す工程図である。

【図2】図2は、本発明の好ましい実施態様にかかる単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池の製造プロセスを示す工程図である。

【図3】図3は、本発明の好ましい実施態様にかかる単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池の製造プロセスを示す工程図である。

【図4】図4は、本発明の好ましい実施態様にかかる単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池の製造プロセスを示す工程図である。

【図5】図5は、本発明の好ましい実施態様にかかる単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池の製造プロセスを示す工程図である。

【図6】図6は、本発明の好ましい実施態様にかかる単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池の製造プロセスを示す工程図である。

【図7】図7は、本発明の好ましい実施態様にかかる単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池の製造プロセスを示す工程図である。

【図8】図8は、本発明の他の好ましい実施態様にかかるバックコンタクト型の単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池の製造プロセスを示す工程図である。

【図9】図9は、本発明の他の好ましい実施態様にかかるバックコンタクト型の単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池の製造プロセスを示す工程図である。

【図10】図10は、本発明の他の好ましい実施態様にかかるバックコンタクト型の単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池の製造プロセスを示す工程図である。

【図11】図11は、本発明の他の好ましい実施態様にかかるバックコンタクト型の単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池の製造プロセスを示す工程図である。

【図12】図12は、本発明の他の好ましい実施態様にかかるバックコンタクト型の単一セル型薄膜単結晶シリ

コン太陽電池の製造プロセスを示す工程図である。

【図13】図13は、本発明の他の好ましい実施態様にかかるバックコンタクト型の単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池の製造プロセスを示す工程図である。

【図14】図14は、本発明の他の好ましい実施態様にかかるバックコンタクト型の単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池の製造プロセスを示す工程図である。

【図15】図15は、インバー型合金基板製造装置の略縦断面図である。

【図16】図16は、本発明の好ましい実施態様にかかるCCD撮像素子の略断面図である。

【図17】図17は、本発明の他の好ましい実施態様にかかる面発光レーザの略断面図である。

【図18】図18は、本発明の他の好ましい実施態様にかかる面発光レーザの略断面図である。

【図19】図19は、本発明の他の好ましい実施態様にかかる面発光レーザの略断面図である。

#### 【符号の説明】

- 1 p型単結晶シリコン基板
- 2 多孔質シリコン層
- 3 p<sup>+</sup>型層
- 4 p型層
- 5 n<sup>+</sup>型層
- 6 剥離層
- 7 シリコン酸化膜
- 8 酸化チタン反射防止膜
- 9 a 陽極
- 9 b 陰極
- 10 接着剤
- 11 透明なプラスチックフィルム
- 12 太陽電池素子
- 13 反射層
- 14 インバー型合金基板
- 15 接着剤
- 16 単一セル型薄膜単結晶シリコン太陽電池
- 18 プラスチックフィルム
- 19 バックコンタクト型薄膜単結晶シリコン太陽電池
- 33 圧延ローラ
- 35 インバー型合金板
- 36 インバー型合金基板
- 40 CCD撮像素子
- 41 インバー型合金基板
- 42 CCD受光素子
- 43 接着層
- 50 面発光レーザ
- 51 インバー型合金基板
- 52 レーザ発光素子
- 53 接着層
- 60 面発光レーザ
- 61 インバー型合金基板

37

38

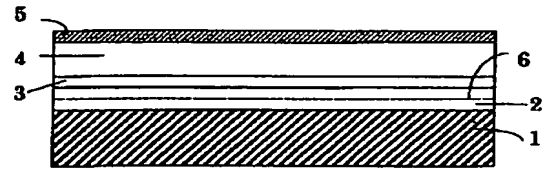
62 レーザ発光素子  
63 接着層  
70 面発光レーザ

71 インバー型合金基板  
72 レーザ発光素子  
73 接着層

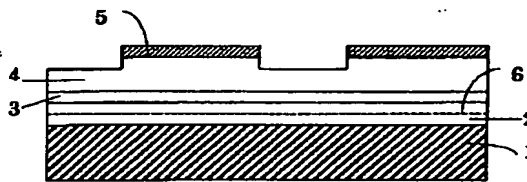
【図 1】



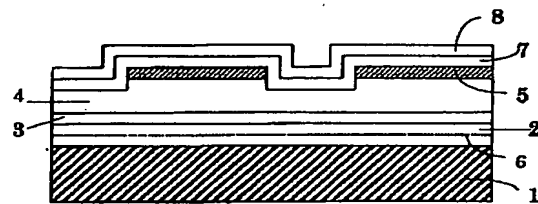
【図 2】



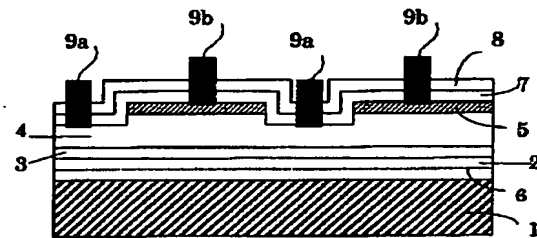
【図 3】



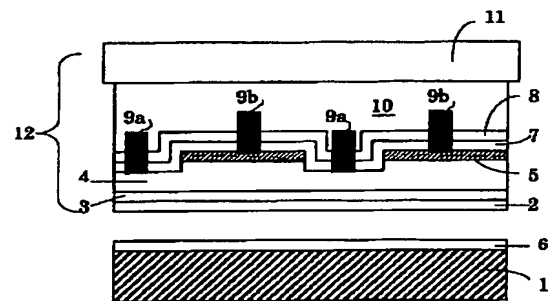
【図 4】



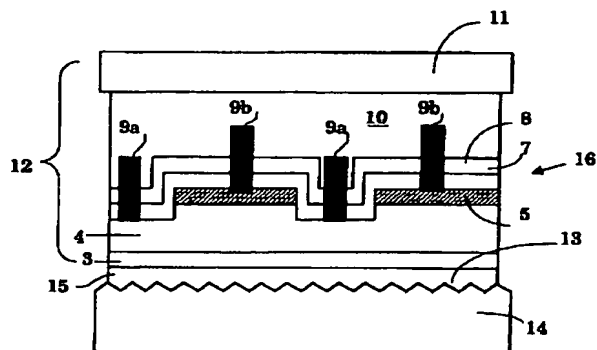
【図 5】



【図 6】



【図 7】



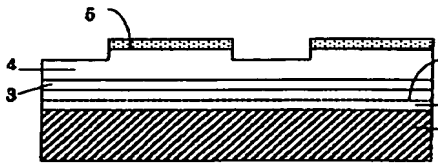
【図 8】



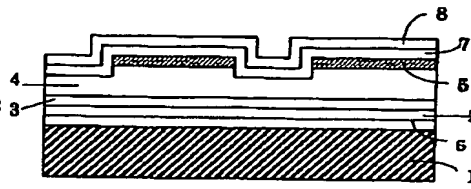
【図 9】



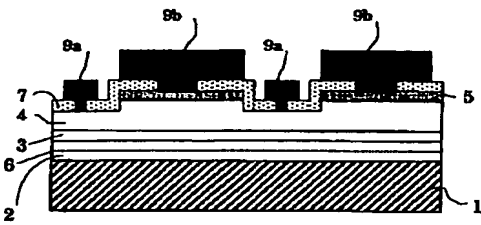
【図10】



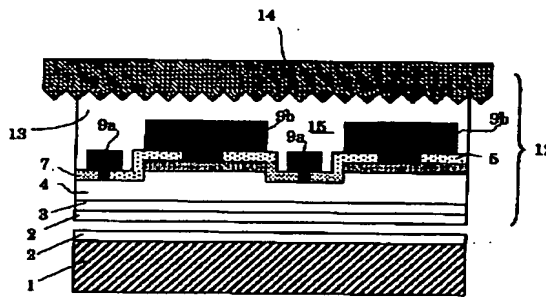
【図11】



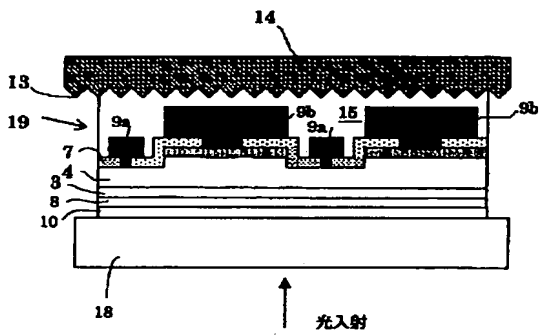
【図12】



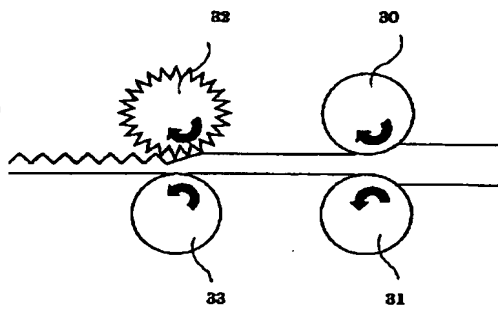
【図13】



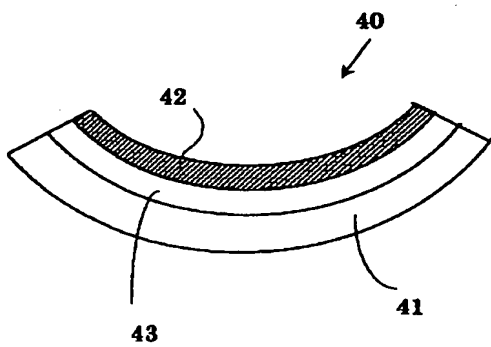
【図14】



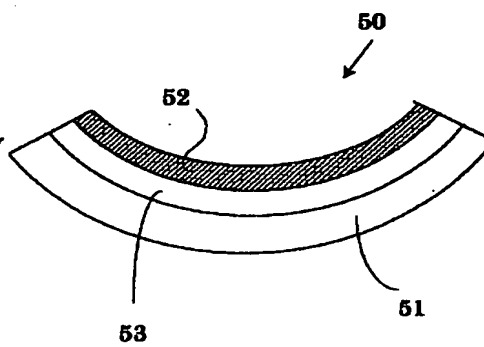
【図15】



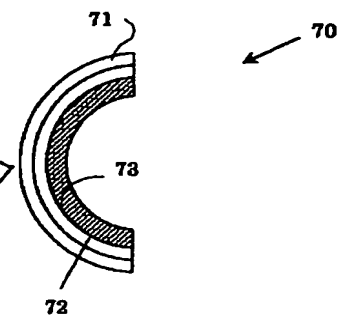
【図16】



【図17】



【図19】



【図 1 8】

